

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 18 624.7

**Anmeldetag:** 24. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Minebea Co. Ltd., a Japanese Corporation,  
Tokio/Tokyo/JP

**Bezeichnung:** Rotorkörper für einen Elektromotor

**IPC:** H 02 K 1/27

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Remus

# BOEHMERT & BOEHMERT

## ANWALTSSOZIOZETÄT

Boehmert & Boehmert - P.O.B. 15 03 08 - D-80043 München

Deutsches Patent- und Markenamt  
Zweibrückenstraße 12  
80297 München

DR. ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1972)  
DIPLO.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1993)  
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen  
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA\*, Bremen  
DIPLO.-PHYS. DR. HENZ GODDAR, PA\*, München  
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA\*, München  
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante  
DIPLO.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1913-1992)  
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen  
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA\*, Bremen  
MICHAELA HUTH-DIERIG, RA, München  
DIPLO.-PHYS. DR. MARION TONHARDT, PA\*, Düsseldorf  
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELLER, RA, Bremen  
DIPLO.-ING. EVA LIESEGANG, PA\*, München  
DR. AXEL NORDEMAN, RA, Berlin  
DIPLO.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRULS, PA\*, Frankfurt  
DIPLO.-PHYS. DR. STEFAN SCHOHE, PA\*, München  
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA\*, Bielefeld  
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf  
DR. DIETMAR SCHÄFER, RA, Bremen  
DR. JÄN BERNHARD NORDEMAN, LL.M., RA, Berlin  
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin  
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München  
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA\*, München  
DIPLO.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA\*, Bremen  
DIPLO.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA\*, Berlin  
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris  
DIPLO.-BIOL. DR. JÄN B. KRAUSS, PA\*, Berlin

PA - Patentanwalt/Patent Attorney  
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law  
\* - European Patent Attorney  
o - Maître en Droit  
o - Licencié en Droit  
o - Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation  
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante  
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

PROF. DR. WILHELM NORDEMAN, RA, Potsdam  
DIPLO.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA\*, Hohenkirchen  
DR.-ING. GERALD KLOPPSCH, PA\*, Düsseldorf  
DIPLO.-ING. HANS W. GROEDING, PA\*, München  
DIPLO.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA\*, Bielefeld  
DIPLO.-PHYS. LORENZ HANWINKEL, PA\*, Paderborn  
DIPLO.-ING. ANTON FREIHERR RIEDERER V. PAAR, PA\*, London  
DIPLO.-ING. DR. JÄN TONNIES, PA, RA, Kiel  
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA\*, Kiel  
DR. ANKE NORDEMAN-SCHIFFEL, RA\*, Potsdam  
DR. KLAUS TIM BRÖCKER, RA, Berlin  
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam  
DIPLO.-ING. NILS T.F. SCHMID, PA\*, München, Paris  
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA\*, München  
DIPLO.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München  
DIPLO.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA\*, Frankfurt  
PASCAL DECKER, RA, Berlin  
DIPLO.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen  
DIPLO.-CHEM. DR. JÖRK ZWICKER, PA, München  
DR. CHRISTIAN MEISSNER, RA, München

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with  
DIPLO.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA\*, München

Ihr Zeichen  
Your ref.

Ihr Schreiben  
Your letter of

Unser Zeichen  
Our ref.

München,

Neuanmeldung

M30319(L)

24. April 2003

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation  
18F Arco Tower  
1-8-1 Shimo-Meguro  
Tokyo 153 0064  
Japan

Rotorkörper für einen Elektromotor

Die Erfindung betrifft einen Rotorkörper für einen Elektromotor mit einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern, der eine zentrale Öffnung aufweist, und mit Permanentmagneten, die sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern erstrecken, wobei die Permanentmagnete in den Rotorkern eingebettet sind.

- 21.358 -

Pettenkoferstraße 20-22 · D-80336 München · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München · Telefon +49-89-559680 · Telefax +49-89-347010

MÜNCHEN · BREMEN · BERLIN · DÜSSELDORF · FRANKFURT · BIELEFELD · POTSDAM · KIEL · PADERBORN · LANDSHUT · HOHENKIRCHEN · ALICANTE · PARIS

<http://www.boehmert.de>

e-mail: [postmaster@boehmert.de](mailto:postmaster@boehmert.de)

Allgemeiner betrifft die Erfindung das Gebiet der elektrischen Motoren, welche Permanentmagnete aufweisen, wie bürstenlose, elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren und andere Permanentmagnetmotoren, und insbesondere solche, die als Innenläufer konfiguriert sind. Innenläufermotoren umfassen im allgemeinen eine Rotoranordnung, die auf der Motorwelle montiert ist und einen oder mehrere Permanentmagnete umfaßt, sowie eine Statoranordnung, wie einen Statorkörper, der aus Metallblechen aufgebaut ist, welche Wicklungen tragen. Die Rotoranordnung ist in die Statoranordnung coaxial eingefügt. Bei Außenläufermotoren umgibt die Rotoranordnung den Stator.

Fig. 8 zeigt grundsätzlich den Aufbau eines Elektromotors mit einem Gehäuse 114, in dem eine Statoranordnung 118, eine Rotoranordnung 116 sowie Lager 126, 128 zum drehbaren Lagern der Rotoranordnung aufgenommen sind. Die Statoranordnung 118 umfaßt paketierte Metallbleche 155 und Wicklungen 160 und grenzt einen Innenraum ein, in den die Rotoranordnung 116 eingefügt werden kann. Die Rotoranordnung 116 umfaßt die Motorwelle 110, einen Eisenrückschluß 112 und Permanentmagnete 122. Die Lager 126, 128 für die Lagerung der Rotoranordnung können in einen Flansch 124 des Motorgehäuses 114 integriert sein.

Fig. 8 dient der Erläuterung des grundsätzlichen Aufbaus eines Elektromotors. Wie eingangs ausgeführt, betrifft die Erfindung einen Rotorkörper für einen solchen Elektromotor, wobei der Rotorkörper einen im wesentlichen zylindrischen Rotorkern mit einer zentralen Öffnung aufweist und die Permanentmagnete in den Rotorkern eingebettet sind.

Rotoren mit eingebetteten Magneten sind nach dem Stand der Technik allgemein bekannt. Eine Rotorkonfiguration mit einer mehrpoligen speichenradartigen Ausführung mit sich radial erstreckenden eingebetteten Magneten ist z.B. gezeigt in „Design of Brushless Permanent Magnet Motors“, J.R. Hendershot Jr. und TJE Miller, Magna Physics Publishing and Clarendon Press, Oxford, 1994. Wie in dieser Veröffentlichung gezeigt, ist es bekannt, einen Rotorkörper mit eingebetteten, sich radial erstreckenden Magneten herzustellen, die durch einen

Ring oder ein Rohr geschützt werden, welches den Rotorkörper umgibt. Der Rotorkörper, in den die Magnete eingebettet sind dient als Rückschluß.

Eine übliche Form von Rotoren mit eingebetteten Magneten ist auch in EP 0 691 727 A1 gezeigt. Diese Veröffentlichung zeigt mehrere Permanentmagnete, die in Schlitze eingefügt sind, welche in dem Rotorkörper ausgebildet sind, um die Permanentmagnete von außen in den Rotorkörper einzuschieben. An ihren radial innen liegenden Enden sind die Permanentmagnete von dem Material des Rotorkerns umschlossen.

Rotoren mit eingebetteten Permanentmagneten haben grundsätzlich den Vorteil, daß die Magnete vollständig eingekapselt werden können, so daß der Rotor auch mit aggressiven Medien in Kontakt kommen kann, ohne daß das Magnetmaterial eines besonderen Oberflächenschutzes zur Vermeidung von z.B. Korrosion bedarf. Die beschriebene Rotorbauweise hat jedoch den Nachteil, daß ein Streufluß durch den Rotorkern in der Nähe der Welle erzeugt wird.

Um zu vermeiden, daß ein derartiger Streufluß entsteht, wurde im Stand der Technik vorgeschlagen, auf die Welle eine Hülse aus magnetisch nicht oder nur schlecht leitfähigem Material aufzubringen, an der dann die Flußleitstücke des Rotorkerns befestigt werden, zwischen denen wiederum die Permanentmagnete eingebettet sind. Eine solche Bauweise ist beispielsweise in EP 0 641 059 A1; EP 0 803 962 A1; und DE 101 00 718 A1 gezeigt. Dieser Aufbau ist zwar bezüglich des magnetischen Kreises und der Verteilung der Flußdichte im Rotorkörper wesentlich besser als der zuvor beschriebene Stand der Technik, er ist jedoch aufwendig in der Herstellung, und aufgrund der vielen Einzelteile können sich Probleme im mechanischen Aufbau, wie eine Addition von Toleranzen, ergeben.

Die EP 0803 962 A1 zeigt zusätzlich, daß die Schlitze zum Aufnehmen der Permanentmagneten an ihren Außenumfang eine Brücke aufweisen, um die Permanentmagnete nach außen hin vollständig zu schützen.

Die WO 00/57537 beschreibt einen mehrpoligen Permanentmagnet-Rotor für einen Elektromotor mit eingebetteten Magneten, die so angeordnet sind, daß sich eine Flußkonzentration ergibt. Die Permanentmagnete sind als flache Kuben ausgebildet, die speichenartig, radial zur Rotorachse in Ausnehmungen angeordnet sind, welche zwischen Flußleitstücken angeordnet sind, die am Rotorkörper befestigt sind. Für die Montage der Magnete und der Flußleitstücke werden jene als benachbarte Halb-Stücke für jeweils einen Pol ausgebildet, und Permanentmagnete und Flußleitstücke werden über eine Hülse an der Welle angebracht.

Eine andere Bauweise eines Rotors mit eingebetteten Magneten ist in EP 0 872 944 A1 gezeigt. Die Magnete sind in einer radialen Richtung oder parallel zu einer radialen Richtung des Rotorkörpers angeordnet. In der EP 0 872 499 sind die Permanentmagnete in einer sogenannten Doppelspeichen-Konfiguration angeordnet. Diese „Doppelmagnete“ umfassen jeweils ein Paar Permanentmagnete, deren Magnetisierungsrichtung im wesentlichen gleich ist. Sie können parallel zueinander angeordnet sein, wie in der genannten Druckschrift, oder unter einem Winkel zueinander geneigt sein. Durch diese Anordnung wird eine Verbesserung des Laufverhaltens des Elektromotors und insbesondere eine Reduktion Rastmomente und der Drehmomentwelligkeit erreicht.

Weitere Patent-Veröffentlichungen bezüglich Rotoren mit eingebetteten Magneten sind z.B. GB 1,177,247; EP 0 955 714 A2; und U.S. 2002/0067096 A1.

Die bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Rotorkörpers ist in einem bürstenlosen Gleichstrommotor oder einem anderen Permanentmagnet-Synchronmotor. Solche Motoren können in einer großen Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden, wie Spindelmotoren für Plattenlaufwerke, motorisch unterstützte Systeme in Kraftfahrzeugen, z.B. Lenk- und Bremssysteme, Elektrowerkzeuge und viele andere Anwendungen.

Mit der radialen Anordnung der in den Rotorkern eingebetteten Permanentmagnete ergibt sich das Problem eines Streuflusses im Bereich der Welle, auf welcher der Rotor sitzt. Die Welle

ist üblicherweise aus Stahl und wirkt als ein zusätzlicher Rückschluß für den Magnetfluß durch den Rotorkern. Dadurch entstehen erhebliche magnetische Streuverluste. Diesem Problem kann dadurch begegnet werden, daß auf die Welle eine Hülse aus einem nicht oder nur schwach magnetisch leitfähigem Material aufgebracht wird, an der die Flußleitstücke des Rotorkerns befestigt werden, zwischen denen wiederum die Permanentmagnete eingebettet sind. Diese Bauweise ist relativ aufwendig und erfordert zusätzliche Einzelteile.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Rotorkörper für einen Elektromotor anzugeben, der eingebettete Magnete aufweist, einfach herzustellen ist und gleichwohl die oben beschriebenen Probleme der Erzeugung von Streuflüssen im Bereich der Motorwelle vermeidet.

10 Diese Aufgabe wird durch einen Rotorkörper mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Rotorkörper weist einen im wesentlichen zylindrischen Rotorkern mit einer zentralen Öffnung auf. Permanentmagnete sind in den Rotorkern eingebettet und erstrecken sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern. Erfindungsgemäß ist der Rotorkern durch einen grundsätzlich zusammenhängenden Körper gebildet, wobei ausgewählte Permanentmagnete an ihren radial innen liegenden Enden durch Aussparungen in dem Rotorkern überbrückt werden. Wie beschrieben, besteht bei den Rotorkernen des Standes der Technik das Problem, daß im Bereich der Welle, an den radial innen liegenden Enden der Permanentmagnete ein erheblicher Streufluß erzeugt wird. Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, den Rotorkern dort zu unterbrechen, wo die Gefahr der Bildung unerwünschter Streufelder groß ist. Die Aussparungen, welche die radial innen liegenden Enden der Permanentmagnete überbrücken, verhindern, daß sich Felder in diesem Bereich beliebig fortsetzen. Dadurch können Streuverluste erheblich reduziert werden. Darüberhinaus werden die magnetischen Feldlinien verstärkt in den Außenbereich des Rotorkörpers geleitet, wodurch die Effektivität des Elektromotors zunimmt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete durch eine Aussparung überbrückt. Vorzugsweise werden dadurch jeweils gleichnamige Pole der benachbarten Permanentmagnete überbrückt.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Permanentmagnete nach Art von Doppelspeichen paarweise in dem Rotorkern angeordnet, wobei jeweils die Permanentmagnete eines Paares gleichsinnig magnetisiert sind. Erfindungsgemäß sind jeweils die unmittelbar benachbarten Permanentmagnete zweier benachbarten Permanentmagnetpaare an ihren radial innen liegenden Enden durch eine Aussparung überbrückt.

10 Grundsätzlich gilt, daß abhängig von der speziellen Konfiguration der eingebetteten Permanentmagnete in dem Rotorkern die Aussparungen geeignet gewählt und angeordnet werden, um den Magnetfluß am äußeren Umfang des Rotorkörpers zu verstärken und unerwünschte Streuflüsse im Bereich der zentralen Öffnung des Rotorkerns zu unterbinden.

Für die Funktionstüchtigkeit des erfindungsgemäßen Rotorkörpers ist es wichtig, daß der  
15 Rotorkern durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, so daß die Permanentmagnete wenigstens an ihren radial innen liegenden Enden oder an ihren radial außen liegenden Enden von dem Rotorkern vollständig umschlossen sind.

In einer zweckmäßigen und bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Aussparungen durch Stege an der zentralen Öffnung des Rotorkerns sowie durch die inneren Enden  
20 von jeweils zwei benachbarten Magneten begrenzt. Diese Stege bilden einen geschlossenen Ring um die zentrale Öffnung und überbrücken jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete.

Dadurch bildet der Rotorkern bei seiner zentralen Öffnung eine geschlossene Fläche, die auf die Welle aufgebracht werden kann. Der erfindungsgemäße Rotorkörper kann somit direkt auf

eine Stahlwelle, ohne Zwischenschaltung einer Hülse, aufgebracht werden, ohne daß die Gefahr besteht, daß die Welle einen magnetischen Rückfluß erzeugt und ein nennenswerter Streufluß entsteht. Dies wird durch die beschriebenen Aussparungen vermieden, welche durch die Stege eingegrenzt werden.

- 5 Die Erfindung gibt somit einen Rotorkörper für einen Elektromotor an, der einfach aufgebaut ist und vorzugsweise eine geschlossene Fläche an seiner zentralen Öffnung aufweist, so daß er direkt auf eine Motorwelle montiert werden kann. Durch den erfindungsgemäßen Aufbau wird der Streufluß zwischen Rotorkörper und Welle minimiert, ohne daß zusätzlich eine Hülse aus einem nicht magnetischen oder schwach magnetischen Material vorgesehen werden  
10 muß.

Erfindungsgemäß sind die Stege vorzugsweise so ausgebildet, daß sie jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarten Permanentmagnete überbrücken. Dadurch können jeweils zwei benachbarte gleichnamige Pole durch einen Steg verbunden werden. Der Fachmann wird verstehen, daß dies sowohl die N- als auch die S-Pole sein können.

- 15 Die Aussparung kann mit Luft oder einem anderen gasförmigen Medium gefüllt sein. Alternativ kann die Aussparung auch mit einem anderen nicht oder schwach magnetischen Material gefüllt sein.

- In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Permanentmagnete auch an ihren radial außen liegenden Enden von dem Rotorkern vollständig umschlossen. Dadurch  
20 erhält man einen Rotorkörper mit vollständig eingebetteten Rotormagneten, so daß der Rotor ohne Probleme auch mit aggressiven Medien in Kontakt gelangen kann. Es kann eine größere Vielzahl von Magnetmaterialien eingesetzt werden, und insbesondere auch solche Materialien, die bei freiliegenden Magneten einen zusätzlichen Oberflächenschutz benötigen würden.



Der Rotorkern besteht aus einem ferromagnetischen Material, vorzugsweise aus Stanzblechen, welche paketiert werden, um Wirbelströme zu vermeiden. Alternativ können Ferritmaterialien verwendet werden. Der Rotorkern kann so aufgebaut sein, daß er Schlitze aufweist, in welche die Permanentmagnete seitlich eingeschoben werden. Anschließend wird der Rotorkern seitlich verschlossen, so daß die Magnete hermetisch abgeschlossen sind und daher nicht oberflächenbeschichtet werden müssen. Als Magnetmaterialien werden beispielsweise Neodym-Eisen-Bor (NbFeB)- oder Samarium-Kobalt (SmCo)-Magnete verwendet. Um eine Korrosion dieser Materialien zu verhindern, müssen sie in der Regel beschichtet werden. Durch die vollständige Einbettung in den Rotorkern ist dies nicht nötig. Ferner wird durch das vollständige Einbetten der Permanentmagnete in den Rotorkern ein zusätzlicher mechanischer Schutz der Permanentmagnete erzielt.

Die Erfindung ist auch anwendbar auf einen Außenläufermotor. In dieser Konstellation werden die Aussparungen, welche zwei benachbarte Permanentmagnete überbrücken, in der Nähe des äußeren Umfangs des Rotorkerns vorgesehen.

Die Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper, der bezogen auf den magnetischen Kreis ideal ist;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß der Erfindung, wobei auch der den Rotor umgebende Stator gezeigt ist;

Fig. 3 eine ähnliche Darstellung wie Fig. 2, wobei Flußlinien eingezeichnet sind;

Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung, welcher in einen Stator eingebracht ist;

Fig. 5 eine ähnliche Darstellung wie Figur 4, wobei Flußlinien eingezeichnet sind;

Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung, welcher in einen Stator eingebracht ist;

Fig. 8 eine Schnittdarstellung durch einen Elektromotor gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper, der bezogen auf den magnetischen Kreis ideal aufgebaut ist. Der Rotorkörper 10 ist auf eine Welle 12, die üblicherweise aus Stahl besteht, aufgebracht. Zu diesem Zweck wird eine Hülse 14 auf die Welle 12 aufgeklebt oder gepreßt, und an der Hülse 14 werden Flußleitstücke 16 befestigt, zwischen denen Permanentmagnete 18 eingebettet sind. Die Hülse 14 hat die Funktion, magnetischen Streufluß zwischen den Flußleitstücken 16 und der Welle 12 zu verhindern. Hierzu ist sie aus einem nicht-magnetischen oder nur schlecht magnetisch leitfähigen Material hergestellt. Mit Hilfe der Hülse 14 kann somit erreicht werden, daß im Bereich der Welle 12 praktisch keine magnetischen Verluste entstehen. Dieser in Fig. 1 gezeigte Aufbau des Rotorkörpers 10 ist somit ideal bezogen auf den magnetischen Kreis. Er hat jedoch den Nachteil, daß er viele Einzelteile benötigt, durch die der mechanische Aufbau kompliziert und aufwendig wird.

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch einen Rotorkörper gemäß der Erfindung. Der erfindungsgemäße Rotorkörper 20 umfaßt Flußleitstücke 22, welche über äußere und innere Stege 24, 26 am äußeren Umfang bzw. bei einer zentralen Öffnung 28 des Rotorkörpers 20 zusammenhängen. Die innen liegenden Stege 26 bilden bei der gezeigten Ausführung einen geschlossenen Ring und grenzen dadurch die zentrale Öffnung 28 ein. Zwischen

den Flußleitstücken 22 sind Permanentmagnete 30 eingebettet, welche sich speichenförmig in radialer Richtung durch den Rotorkörper 20 erstrecken.

Die außen liegenden Stege 24 haben die Funktion, die Permanentmagnete 30 nach außen hin vollständig in den Rotorkörper 20 einzubetten und zu schützen, so daß die Permanentmagnete 30 nicht mit dem Umgebungsmedium des Rotorkörpers 20 in Kontakt kommen können. Eine ähnliche Funktion haben auch die innen liegenden Stege 26. Die innenliegenden Stege 26 sorgen für eine verdrehfeste Verbindung des Rotorkörpers 20 mit der Welle 12. Die Stege 24, 26 verbinden die Flußleitstücke 22, so daß der Rotorkörper 20 einen einteiligen zusammenhängenden Körper bildet. Für eine optimale Funktion des erfindungsgemäßen Rotorkörpers 20 sollten wenigstens die außen liegenden Stege 24 oder die innen liegenden Stege 26 jeweils die Flußleitstücke 22 miteinander verbinden, um eine magnetische Verbindung gleichnamiger Pole des Rotorkörpers 20 herzustellen.

Bei der in Figur 2 gezeigten, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bilden die innen liegenden Stege 26 einen geschlossenen Ring, so daß der Rotorkörper 20 direkt, ohne Zwischenschaltung einer Hülse, auf die Welle (nicht gezeigt) aufgebracht, z.B. aufgepreßt oder aufgeklebt, werden kann.

Die innen liegenden Stege 26 sind über kurze radiale Stege 42 mit den Flußleitstücken 22 verbunden und grenzen jeweils eine Aussparung 32 ein. Bei der in Figur 2 gezeigten Ausführung überbrückt jede Aussparung 32 zwei benachbarte Permanentmagnete 30, wobei in dieser Ausführung die innen liegenden Stege 26 jeweils gleichnamige Pole der Permanentmagnete 30 verbinden. Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform verbinden die Stege 26 die S-Pole. Selbstverständlich könnten die innen liegenden Stege auch jeweils nur die N-Pole verbinden. Dadurch ergibt sich eine Gestaltung des Rotorkörpers 20, bei der die Stege 26 jeweils die radial innen liegenden Enden zweier Permanentmagnete 30 überbrücken und dabei die Aussparung 32 eingrenzen, die mit Luft oder einem anderen nicht oder nur schwach magnetisch leitfähigem Medium gefüllt sein kann. Prinzipiell können Stege alle gleichnamigen Pole

verbinden, ein zusammenhängendes Rohr entsteht aber auch schon, wenn nur zwei gleichnamige Pole über den Ring 26 zusammenhängen.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Rotorkörpers 20, und insbesondere durch die gezielte Ausgestaltung und Anordnung der Aussparungen 32, können Streuflüsse im Inneren des Rotorkörpers 20, also bei den innen liegenden Stegen 26 und der zentralen Öffnung 28 weitgehend vermieden werden. Hieraus resultiert ein erheblich geringerer magnetischer Verlust als bei den üblichen Rotorkörpern mit eingebetteten Magneten, welche ohne die Hülse 14 der Fig. 1 aufgebaut sind.

Die Flußleitstücke 22 bestehen aus ferromagnetischem Material und sind vorzugsweise aus Stanzblechen hergestellt, welche paketiert werden, um Wirbelströme zu vermeiden. Alternativ können sie aus Ferritmaterial hergestellt sein. Die Flußleitstücke 22 des Rotorkörpers 20 können als ein zusammenhängendes Bauteil hergestellt werden, in welches die Magnete 30 seitlich eingeschoben werden. Anschließend wird der Rotorkörper 20 verschlossen, so daß die Magnete hermetisch abgeschlossen sind und nicht oberflächenbeschichtet werden müssen.

Der Rotorkörper 20 ist von einem Stator 34 umgeben, der einen Statorkörper 36 und Statorwicklungen 38 umfaßt. Der Statorkörper 36 kann wiederum aus Stanzblechen bestehen, welche paketiert werden, wie im Stand der Technik allgemein bekannt ist.

Als Magnetmaterialien können sämtliche permanentmagnetische Materialien verwendet werden. Beispiele sind Neodym-Eisen-Bor (NbFeB) und Samarium-Kobalt (SmCo).

Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch den erfindungsgemäßen Rotorkörper, der in einen Stator eingesetzt ist. Zur Erläuterung der Erfindung sind in Fig. 3 Flußleitlinien 40 eingezeichnet. Dieselben Komponenten wie in Fig. 2 sind mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht nochmals im Einzelnen beschrieben.

In Fig. 3 sind magnetische Flußlinien 40 eingezeichnet, wobei die magnetische Feldstärke um so größer ist, je dichter die Flußlinien beabstandet sind, so daß aus der Figur erkennbar ist, daß der magnetische Fluß im Bereich der Aussparungen 32 sehr gering ist. Dadurch tritt im Betrieb kein Streufluß zwischen dem Rotorkörper 20 und der Welle, auf welche er aufgebracht ist, auf.

Fig. 3 macht deutlich, daß bei der erfindungsgemäßen Gestaltung des Rotorkörpers 20, bei der die Aussparungen 32 jeweils gleichnamige Pole benachbarter Permanentmagnete 30 überbrücken, praktisch kein Streufluß zur Welle, im Bereich der zentralen Öffnung 28, auftritt, ohne daß eine gesonderte Hülse zwischen Rotor und Welle vorgesehen werden muß. Dadurch können Verluste gering gehalten werden.

Figur 4 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch eine weitere Ausführung des Rotorkörpers gemäß der Erfindung, wobei der Rotorkörper in einen Stator eingesetzt ist. Der Rotorkörper 44 umfaßt Flußleitstücke 46, welche über äußere und innere Stege 48 bzw. 50 am äußeren Umfang bzw. bei einer zentralen Öffnung 52 des Rotorkörpers 44 verbunden sind, um einen zusammenhängenden Körper zu bilden. Die innen liegenden Stege 50 bilden bei der gezeigten Ausführung einen geschlossenen Ring und grenzen die zentrale Öffnung 52 ein. Zwischen den Flußleitstücken 46 sind Permanentmagnete 54, 54' eingebettet, welche sich nach Art von Doppelspeichen im wesentlichen in radialer Richtung durch den Rotorkörper 44 erstrecken. Jeweils zwei unmittelbar benachbarte Permanentmagnete 54, 54' bilden ein Permanentmagnetpaar, wobei die Permanentmagnete 54, 54' eines Paares, relativ zu dem Radius des Rotorkörpers 44, in einem Winkel zueinander geneigt sind. In einer anderen Ausführung, die nicht gezeigt ist, könnten die Permanentmagnete eines Paares auch parallel zueinander angeordnet sein. Die Permanentmagnete 54, 54' eines Paares haben jeweils im wesentlichen dieselbe Magnetisierungsrichtung, d.h. Anordnung von Nord- und Südpolen, was durch die Pfeile in Figur 4 angedeutet ist. Dadurch bilden sich zwischen den Permanentmagneten 54, 54' eines Paares keine Pole aus, sondern die magnetischen Feldlinien verbinden die inneren Seiten der Permanentmagnete eines Paares auf kürzestem Weg, wie aus Figur 5 ersichtlich

wird. Die Permanentmagnete 54, 54' eines Paares wirken im wesentlichen jeweils wie ein Doppelmagnet, wodurch das von den Magneten erzeugte Feld gegenüber der Ausführung der Figur 2 verstärkt werden kann. Die Anordnung der Permanentmagnete unter einem Winkel dient zur Verbesserung des Drehmomentes und insbesondere zur Unterdrückung von Rast-  
5 momenten (cogging torque).

Die Funktion der Stege 48, 50 zum Schutz der eingebetteten Permanentmagnete 54, 54' und zur direkten Montage des Rotorkörpers 44 auf einer Welle ist im wesentlichen wie mit Bezug auf Figur 2 beschrieben. Ferner grenzen die Stege 50 in Verbindung mit kurzen radialen Stegen 56 Aussparungen 58 ein, welche jeweils benachbarte Permanentmagnete 54, 54' benach-  
10 barter Permanentmagnetpaare überbrücken. Die innen liegenden Stege 50 verbinden bei der gezeigten Ausführung jeweils die Zwischenräume zwischen den Permanentmagneten 54, 54' eines Permanentmagnetpaares. Die Wirkung der dadurch gebildeten Aussparungen 58 ist wie in bezug auf die Figuren 2 und 3 beschrieben und wie im folgenden noch in bezug auf Figur 5 erläutert.

15 Auch bei der Ausführung der Figur 4 bestehen die Flußleitstücke 46 aus ferromagnetischem Material und sind vorzugsweise aus Stanzblechen hergestellt, welche paketiert werden, um Wirbelströme zu vermeiden. Vorzugsweise sind die Flußleitstücke 46 des Rotorkörpers 44 als ein zusammenhängendes Bauteil hergestellt.

Der in Figur 4 gezeigte Rotorkörper 44 ist von einem Stator 60 unter Bildung eines Arbeits-  
20 luftspaltes 62 zwischen dem Stator 60 und dem Rotorkörper 44 umgeben. Der Stator 60 umfaßt einen Statorkörper 64 mit zugehörigen Statorpolen, auf welche Phasenwicklungen 66, 66' aufgebracht sind. Der Statorkörper 64 kann seinerseits aus Stanzblechen hergestellt sein, welche paketiert werden, wie im Stand der Technik grundsätzlich bekannt ist.

Figur 5 zeigt eine ähnliche schematische Schnittdarstellung durch den erfindungsgemäßen  
25 Rotorkörper 44, der in einen Stator 60 eingebracht ist, wobei entsprechende Komponenten mit

denselben Bezugszeichen wie in Figur 4 bezeichnet sind. Zur Erläuterung der Erfindung sind in Figur 5 Flußleitlinien eingezeichnet.

In Abwandlung der Ausführung der Figur 4 sind in Figur 5 im Bereich der äußeren Stege 48 Aussparungen 68 am Außenumfang des Rotorkörpers 44 vorgesehen, die gleichmäßig oder  
5 ungleichmäßig über den Umfang des Rotorkörpers 44 verteilt sind. Diese Aussparungen 68 verbessern im Betrieb das Drehmoment des Elektromotors und reduzieren insbesondere das cogging torque nochmals gegenüber den zuvor erörterten Ausführungen.

In Figur 5 sind magnetische Flußlinien 40 eingezeichnet, wobei aus der Figur erkennbar ist, daß der magnetische Fluß im Bereich der Aussparungen 58 praktisch null ist, so daß im Be-  
10 trieb kein magnetischer Streufluß zwischen dem Rotorkörper 44 und der Welle, auf welche er aufgebracht ist, auftritt.

Figur 6 zeigt schematisch eine Schnittdarstellung durch die Ausführung des Rotorkörpers 44 der Figur 5. Dieselben Komponenten wie in Figur 5 sind mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht nochmals beschrieben. Aus Figur 6 ist erkennbar, daß der erfindungsge-  
15 mäßige Rotorkörper dadurch hergestellt werden kann, daß Schlitz 70 zur Aufnahme der Permanentmagnete 54, 54' in dem Rotorkörper 44 ausgebildet werden können, wobei die Permanentmagnete in diese Schlitz 70 eingefügt werden und der Rotorkörper 44 anschließend geschlossen wird.

Eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen Rotorkörpers ist schematisch in Figur 7  
20 dargestellt. Diese Ausführung entspricht im wesentlichen der mit Bezug auf Figur 2 beschriebenen Ausführungsform, wobei die radial innen liegenden Stege jedoch keinen geschlossenen Ring bilden. Entsprechende Komponenten wie in Figur 2 sind mit denselben Bezugszeichen wie in Figur 2 bzw. Figur 3 gekennzeichnet.

Bei der Ausführungsform der Figur 7 werden die Aussparungen 32 durch die kurzen radialen Stege 42 sowie durch Stegstummel 72 eingegrenzt, welche an die zentrale innere Öffnung 28 des Rotorkörpers 20 angrenzen. Ein zusammenhängender Rotorkörper 20, bei dem sämtliche Flußleitstücke 22 verbunden sind, wird durch die äußeren Stege 24 gewährleistet. Obwohl die radial innen liegenden Stege bzw. Stegstummel 72 nicht miteinander verbunden sind, wird durch die Aussparungen 32 dieselbe Unterdrückung von Streuflüssen zwischen Rotorkörper 20 und Welle erreicht, wie oben in bezug auf die vorhergehenden Ausführungen beschrieben. Lediglich die mechanische Festigkeit des Rotorkörpers 20 bei der zentralen inneren Öffnung 28 ist etwas geringer als bei den zuvor beschriebenen Ausführungen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung von Bedeutung sein.



# BOEHMERT & BOEHMERT

## ANWALTSSOZIENTÄT

Boehmert & Boehmert · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München

Deutsches Patent- und Markenamt  
Zweibrückenstraße 12  
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1973)  
DPL.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1993)  
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen  
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA\*, Bremen  
DPL.-PHYS. DR. HEINZ GODDARD, PA\*, München  
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA\*, München  
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante  
DPL.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1933-1992)  
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen  
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA\*, Bremen  
MICHAELA HUTH-DIERIG, RA, München  
DPL.-PHYS. DR. MARION TONHARDT, PA\*, Düsseldorf  
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELDER, RA, Bremen  
DPL.-ING. EVA LIESEGANG, PA\*, München  
DR. AXEL NORDMANN, RA, Berlin  
DPL.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRULS, PA\*, Frankfurt  
DPL.-PHYS. DR. STEFAN SCHOHE, PA\*, München  
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA\*, Bielefeld  
DR. MARTIN WIRTZ, RA, Düsseldorf  
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen  
DR. JAN BERND NORDMANN, LL.M., RA, Berlin  
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin  
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München  
DPL.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA\*, München  
DPL.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA\*, Bremen  
DPL.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA\*, Berlin  
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris  
DPL.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA\*, Berlin

PA - Patentanwalt/Patent Attorney  
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law  
o - European Patent Attorney  
o - Maître en Droit  
o - Licencié en Droit  
o - Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation  
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante  
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

PROF. DR. WILHELM NORDMANN, RA, Potsdam  
DPL.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA\*, Hohenkirchen  
DR.-ING. GERALD KLOPPSCH, PA, Düsseldorf  
DPL.-ING. HANS W. GROENING, PA\*, München  
DPL.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA\*, Bielefeld  
DPL.-PHYS. LORENZ HANWINKEL, PA\*, Paderborn  
DPL.-ING. ANTON FRIEDRICH REDEKER V. PAAR, PA\*, Landshut  
DPL.-ING. DR. JAN TONNES, PA, RA, Kiel  
DPL.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA\*, Kiel  
DR. ANKE NORDMANN-SCHIFFEL, RA\*, Potsdam  
DR. KLAUS TIM BROCKNER, RA, Berlin  
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam  
DPL.-ING. NILS T.F. SCHMID, PA\*, München, Paris  
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA\*, München  
DPL.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München  
DPL.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA\*, Frankfurt  
PASCAL DECKER, RA, Berlin  
DPL.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen  
DPL.-CHEM. DR. JÖRK ZWICKER, PA, München  
DR. CHRISTIAN MEISSNER, RA, München

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with  
DPL.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA\*, München

Ihr Zeichen  
Your ref.

Ihr Schreiben  
Your letter of

Unser Zeichen  
Our ref.

München,

Neuanmeldung

M30319(L)

24. April 2003

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation  
18F Arco Tower  
1-8-1 Shimo-Meguro  
Tokyo 153 0064  
Japan

Rotorkörper für einen Elektromotor

Ansprüche:

- 10 1. Rotorkörper (20) für einen Elektromotor mit  
einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern (22; 46) mit einer zentralen Öffnung (28;  
52), und mit Permanentmagneten (30; 54, 54'), die in den Rotorkern (22; 46) eingebettet

- 21.358 -

Pettenkofferstraße 20-22 · D-80336 München · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München · Telefon +49-89-559680 · Telefax +49-89-347010

MÜNCHEN · BREMEN · BERLIN · DÜSSELDORF · FRANKFURT · BIELEFELD · POTSDAM · KIEL · PADERBORN · LANDSHUT · HOHENKIRCHEN · ALICANTE · PARIS

<http://www.boehmert.de>

e-mail: [postmaster@boehmert.de](mailto:postmaster@boehmert.de)

sind und sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern (22; 46) erstrecken, wobei

der Rotorkern (22; 46) durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, und wobei ausgewählte Permanentmagnete (30; 54, 54') an ihren radial innen oder außen liegenden Enden durch Aussparungen (32; 58) in dem Rotorkern (22; 46) überbrückt sind.

2. Rotorkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (30; 54, 54') durch eine Aussparung (32; 58) in dem Rotorkern (22; 46) überbrückt sind.

3. Rotorkörper nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils gleichnamige Pole der Permanentmagnete (30) an den radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (30) durch eine Aussparung (32) in dem Rotorkern (22) überbrückt sind.

4. Rotorkörper nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (54, 54') nach Art von Doppelspeichen paarweise in dem Rotorkern (46) angeordnet sind, wobei jeweils die Permanentmagnete eines Paares gleichsinnig magnetisiert sind, und daß jeweils benachbarte Paare an den radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (54, 54') durch eine Aussparung (58) in dem Rotorkern (46) überbrückt sind.

5. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (30; 54, 54') wenigstens an ihren radial innen liegenden Enden oder an ihren radial außen liegenden Enden von dem Rotorkern (22; 46) umschlossen sind.

6. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) bei der zentralen Öffnung (28; 52) Stege (26, 42; 50, 56, 72) aufweist, welche die Aussparungen (32; 58) eingrenzen.

7. Rotorkörper nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (26, 42; 50, 56) einen geschlossenen Ring bilden.

8. Rotorkörper nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (26, 42; 50, 56) jeweils die radial innen liegenden Enden zweier benachbarter Permanentmagnete (30; 54, 54') überbrücken.

9. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aussparungen (32; 58) mit Luft oder einem anderen nicht magnetischen Medium gefüllt sind.

10. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) aus einem ferromagnetischen Material hergestellt ist.

11. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) aus paketierte Metallblechen hergestellt ist.

12. Rotorkörper nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotorkern (22; 46) Schlitz aufweist, in welche die Permanentmagnete (30; 54, 54') eingeschoben sind.

13. Rotorkörper für einen Elektromotor mit einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern (22; 46) mit einer zentralen Öffnung (28; 52), und mit Permanentmagneten (30; 54, 54'), die in den Rotorkern (22; 46) eingebettet sind und sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern (22; 46) erstrecken, wobei der Rotorkern (22; 46) durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, und wobei in dem Rotorkern (22; 46) Aussparungen (32; 58) zur Beeinflussung des magnetischen Feldes vorgesehen sind.

14. Rotorkörper nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aussparungen (32; 58) an ausgewählte Permanentmagnete (30; 54, 54') angrenzen.

5 15. Elektromotor mit einem Stator und einem Rotor, der einen Rotorkörper (20; 44) nach einem der vorangehenden Ansprüche aufweist, wobei der Rotorkörper (20; 44) auf eine Welle (12) aufgebracht ist und der Stator den Rotor umgibt.

Bezugszeichenliste

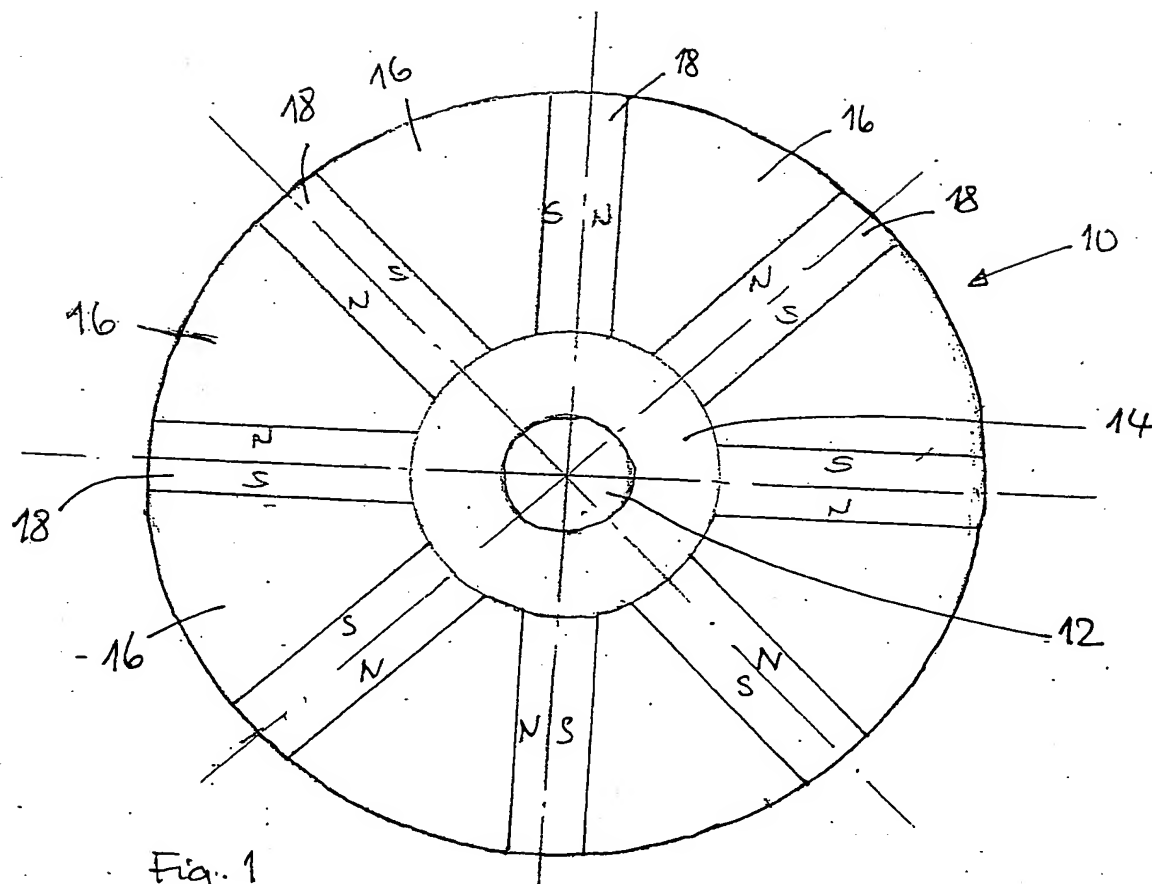
10	Rotorkörper
12	Welle
14	Hülse
16	Flußeitstücke
18	Permanentmagnete
20	Rotorkörper
22	Flußeitstücke, Rotorkern
24,26	Stege
28	zentrale Öffnung
30	Permanentmagnete
32	Aussparung
34	Stator
36	Statorkörper
38	Statorwicklungen
40	Flußlinien
42	radiale Stege
44	Rotorkörper
46	Flußeitstücke, Rotorkern
48, 50	Stege
52	zentrale Öffnung
54, 54'	Permanentmagnete
56	radiale Stege
58	Aussparungen
60	Stator
62	Luftspalt
64	Statorkörper
66, 66'	Phasenwicklungen

68	Aussparungen
70	Schlitze
72	Stegstummel
110	Motorwelle
112	Eisenrückschluß
114	Gehäuse
116	Rotoranordnung
118	Statoranordnung
122	Permanentmagnete
124	Flansch
126, 128	Lager
155	Metallbleche
160	Wicklungen

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation  
M30319(L)

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Rotorkörper für einen Elektromotor mit einem im wesentlichen zylindrischen Rotorkern mit einer zentralen Öffnung, und mit Permanentmagneten, die in dem Rotorkern eingebettet sind und sich im wesentlichen speichenförmig durch den Rotorkern erstrecken, wobei der Rotorkern durch einen zusammenhängenden Körper gebildet ist, und wobei ausgewählte Permanentmagnete an ihren radial innen oder außen liegenden Enden durch Aussparungen in dem Rotorkern überbrückt sind.





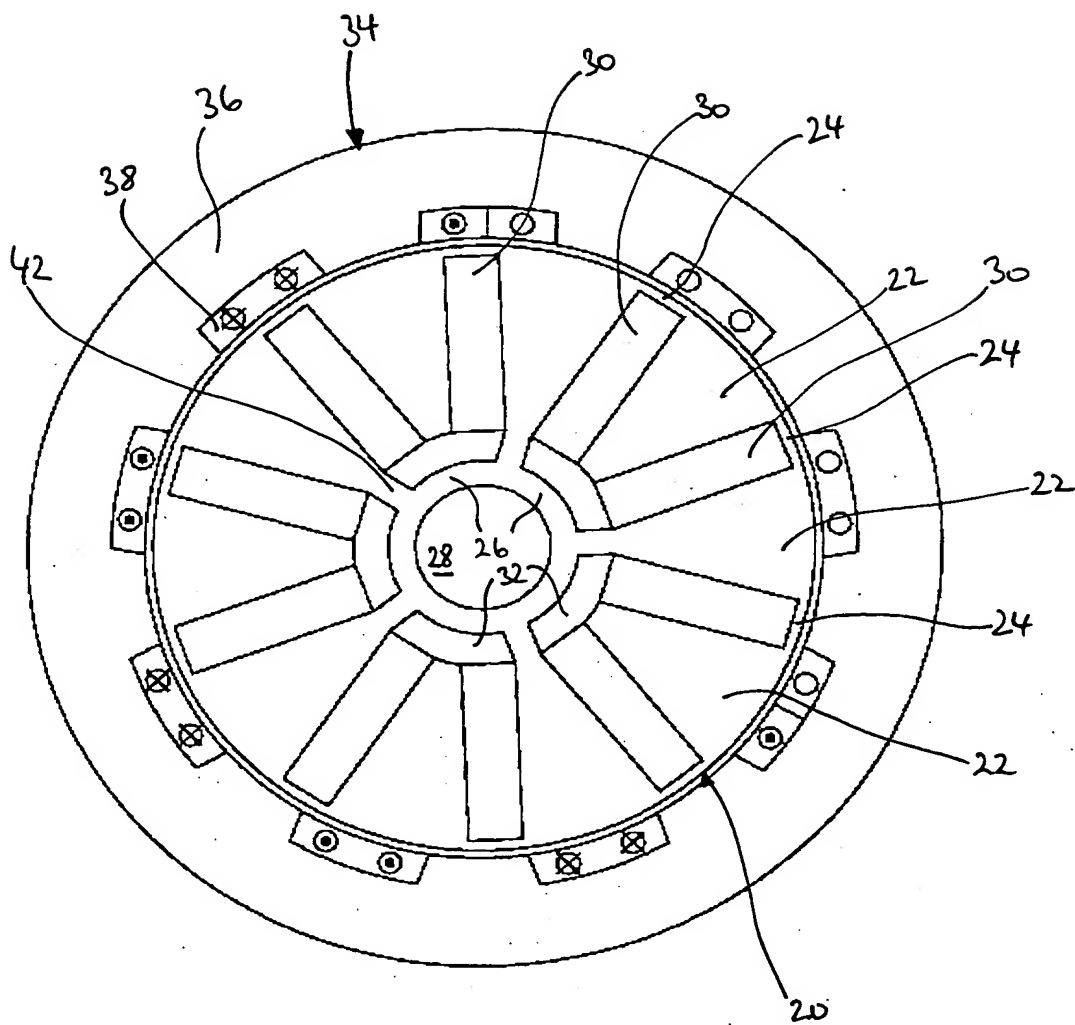


Fig. 2

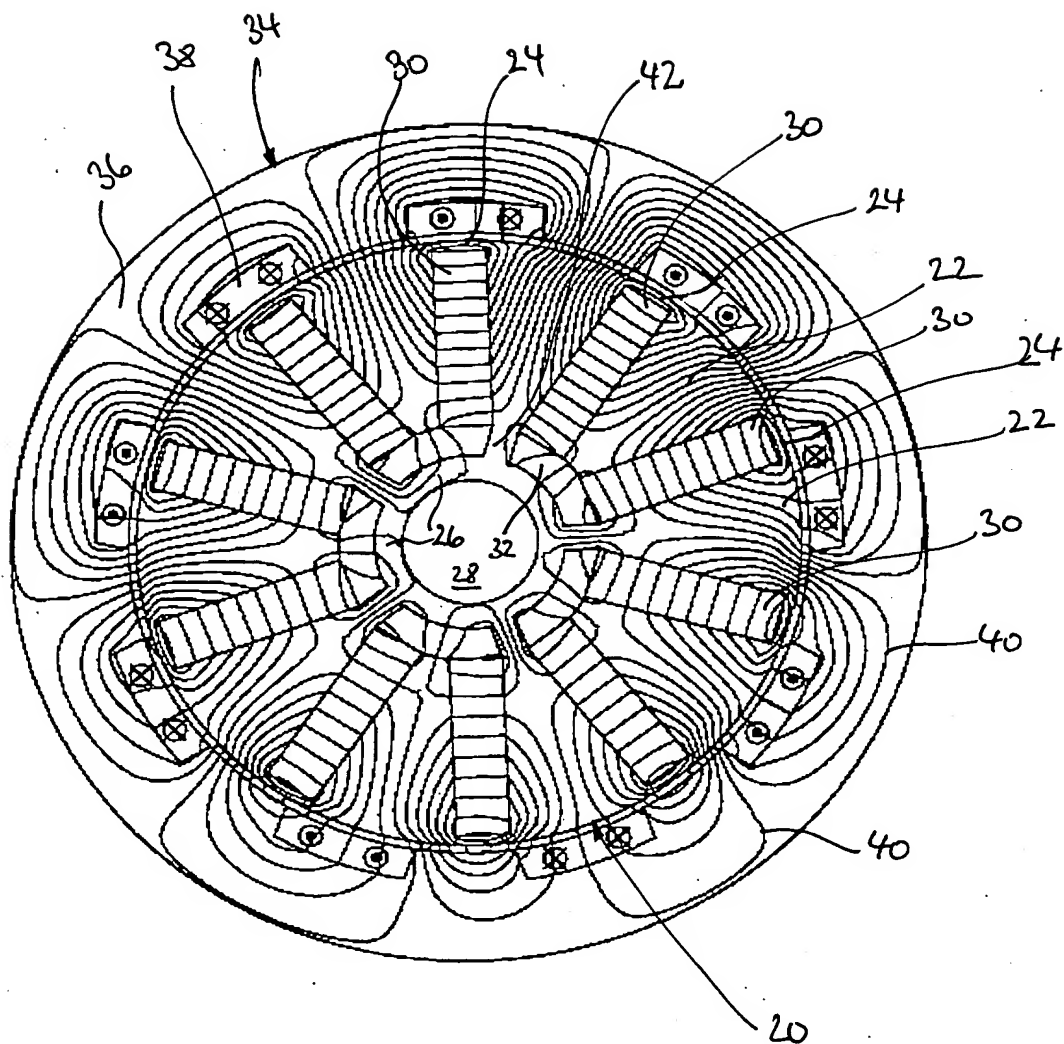


Fig. 3

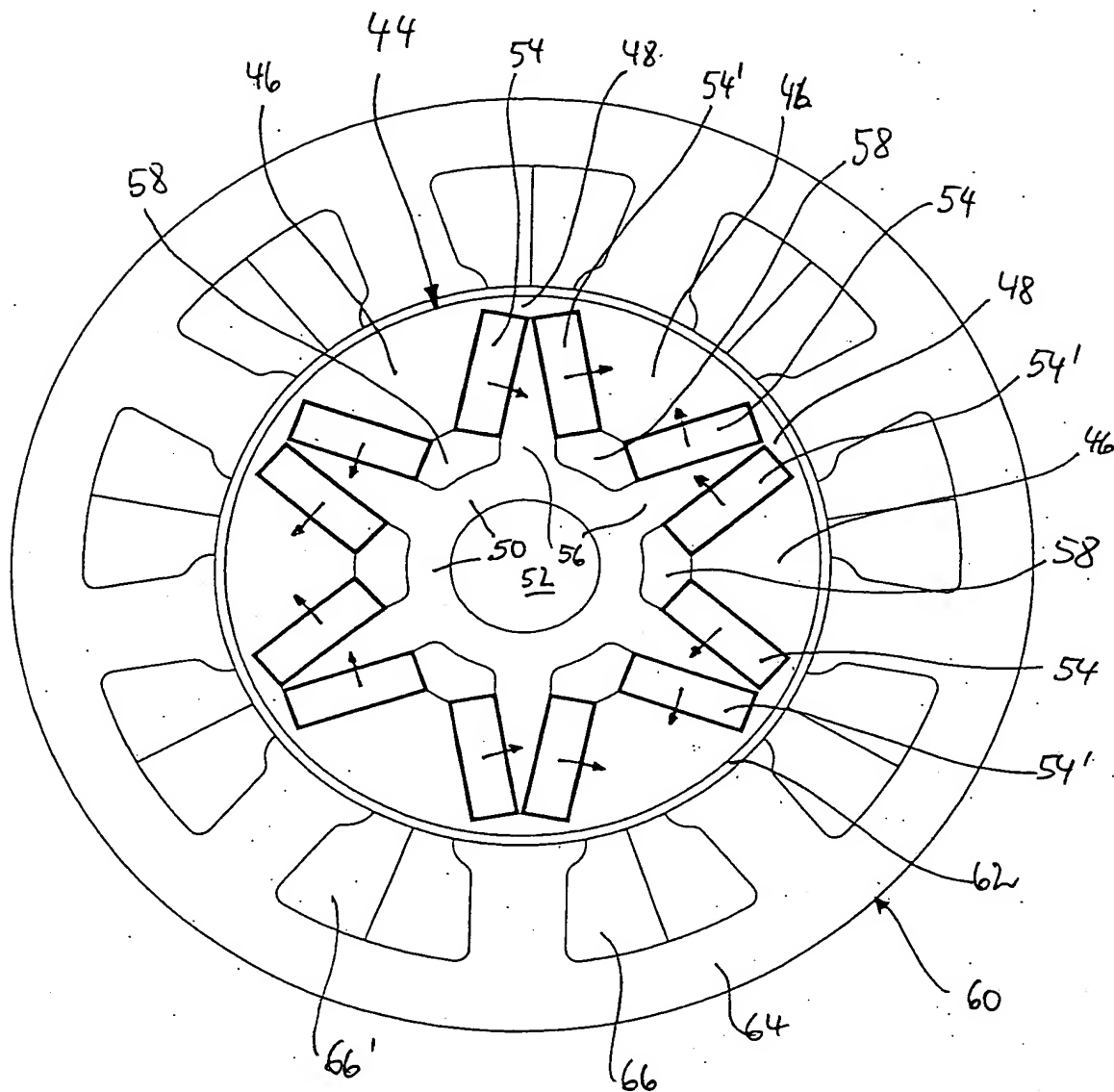


Fig. 4

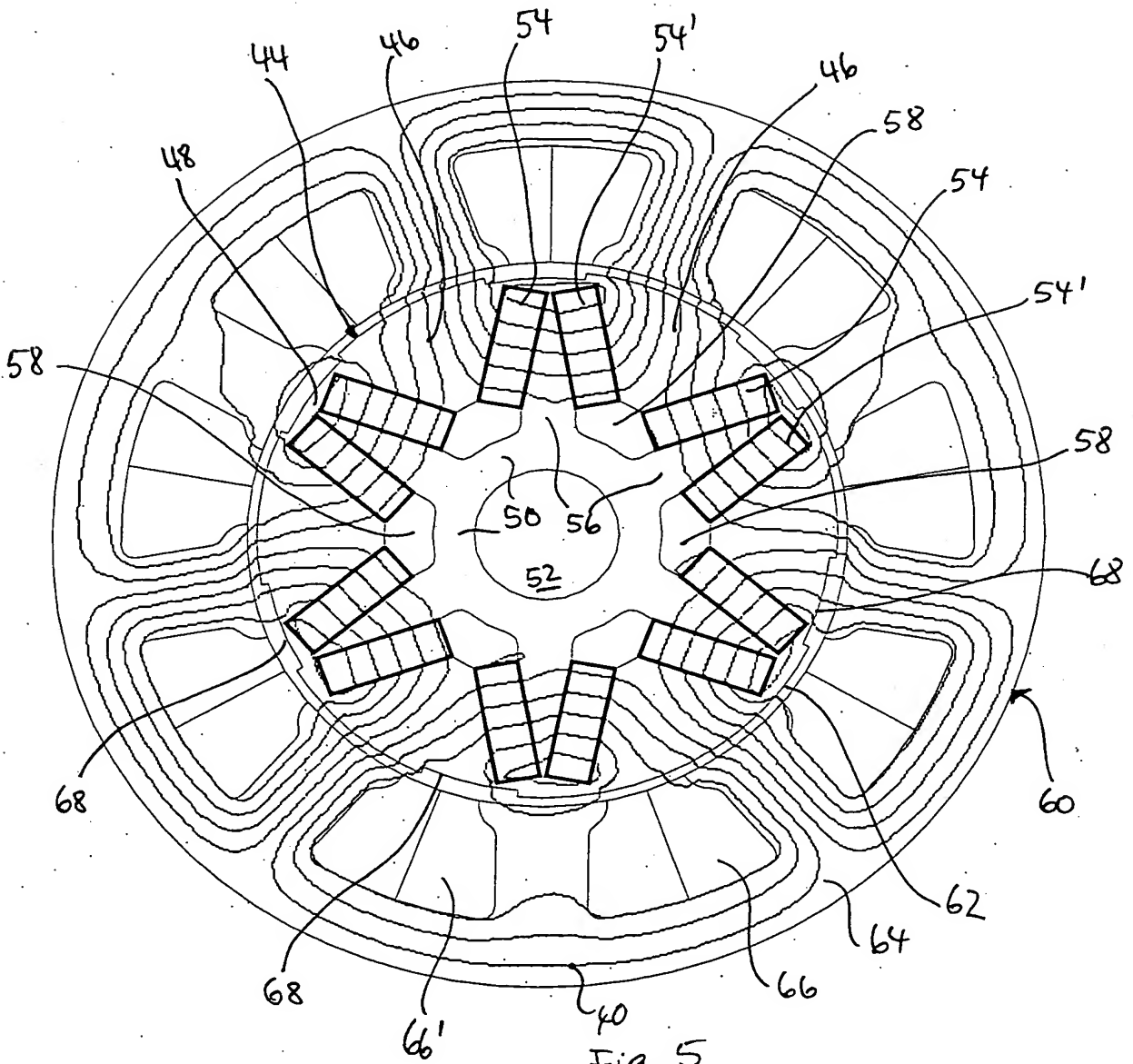


Fig. 5

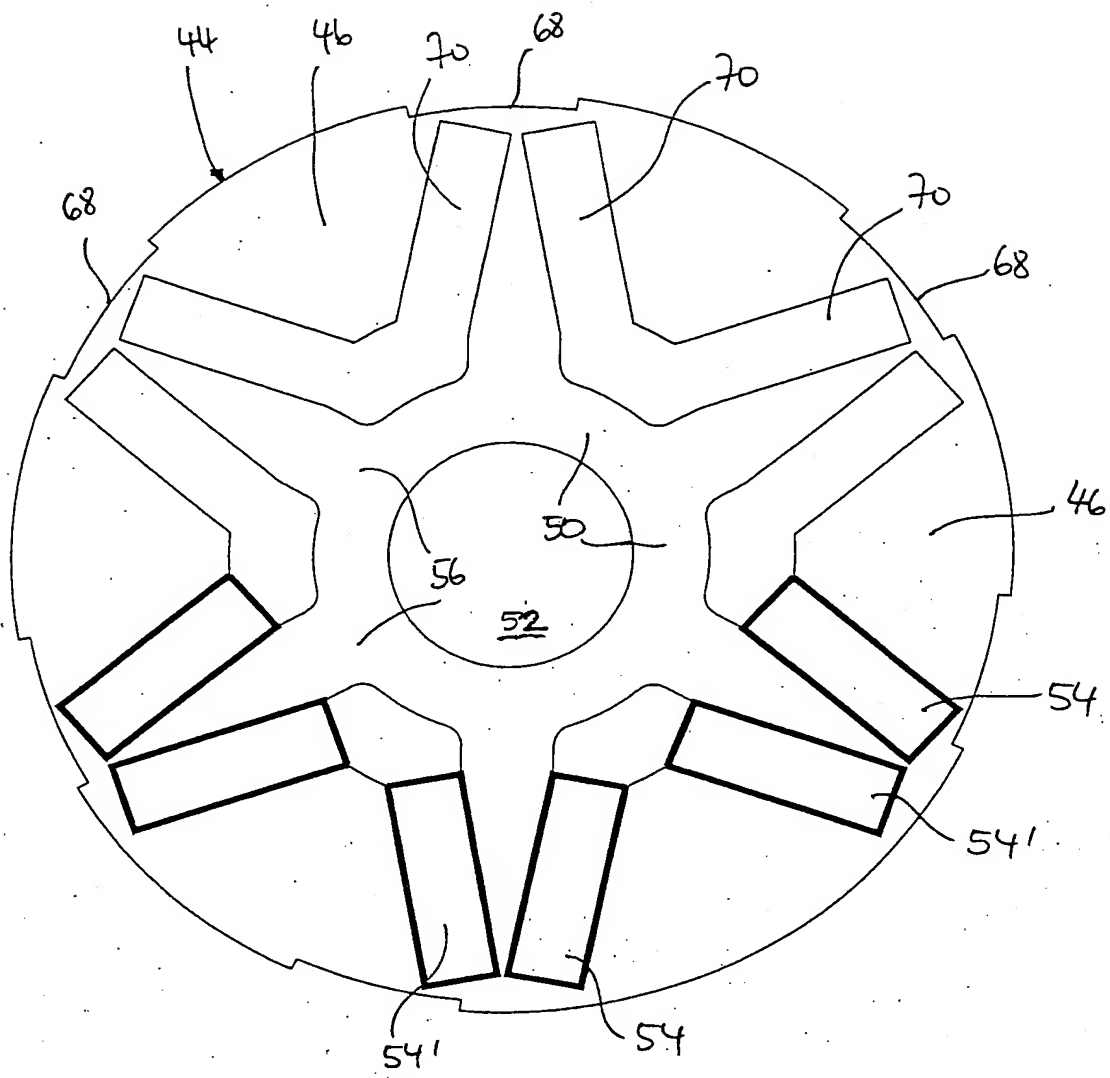


Fig. 6

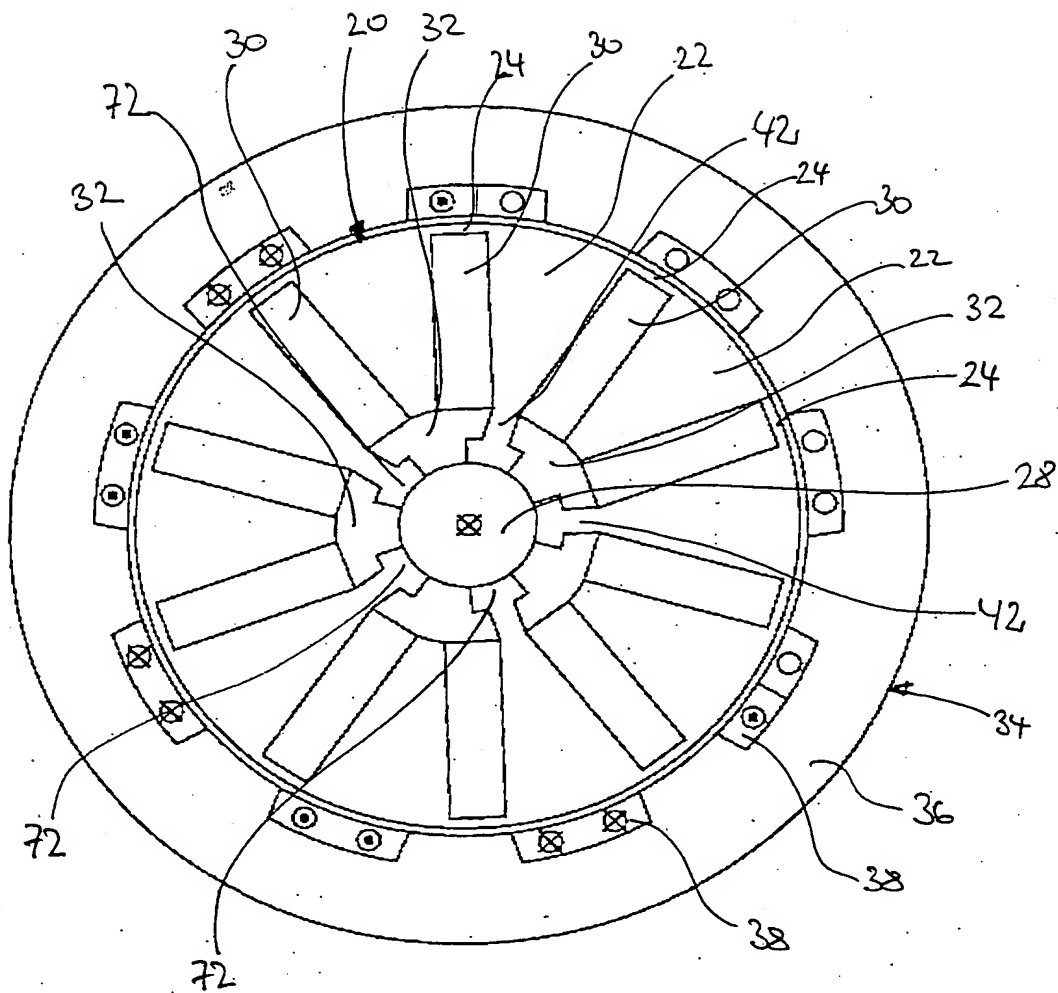
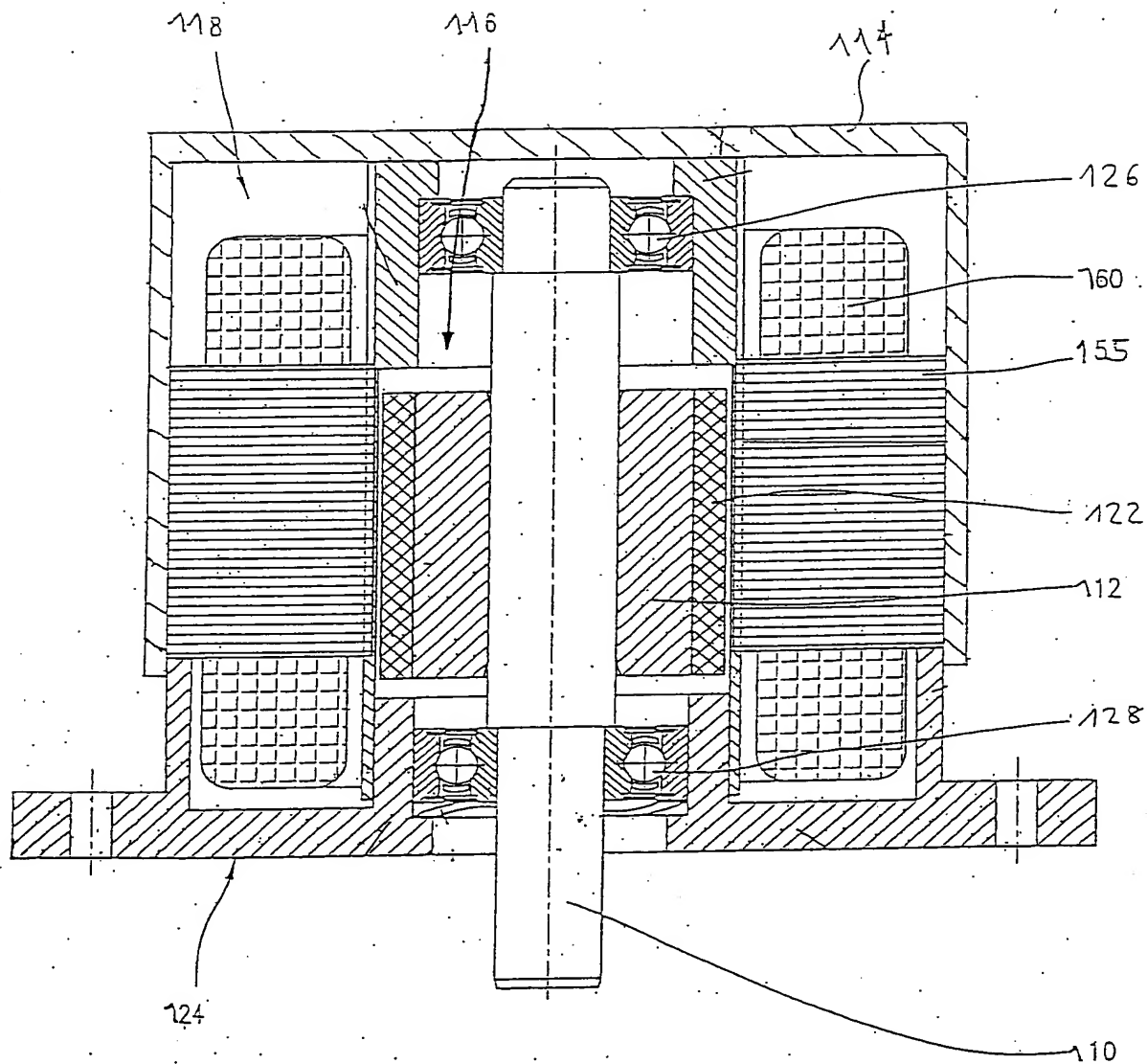


Fig. 7



Stand der Technik

FIG. 8